

IAP20 Rec'd PCT/PTO 30 DEC 2005

## Beschreibung

## Verfahren zum Abgleich eines Drehratensensors

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abgleich eines Drehratensensors mit einem Vibrationskreisel, der mit einem ersten Eingang und einem ersten Ausgang Teil eines primären Regelkreises ist, der den Vibrationskreisel durch Zuführung eines Erregersignals zum ersten Eingang mit seiner Eigenfrequenz erregt, wobei der Vibrationskreisel ferner mit einem  
10 zweiten Eingang und mit einem zweiten Ausgang Teil eines sekundären Regelkreises ist, wobei dem zweiten Ausgang ein Ausgangssignal entnehmbar ist, das nach Verstärkung und Analog/Digital-Wandlung in eine Inphase-Komponente und eine  
15 Quadratur-Komponente demoduliert wird, wobei die Komponenten nach Filterung wieder moduliert und zu einem Treibersignal zusammengesetzt werden, das dem zweiten Eingang zugeführt wird, und wobei aus der Inphase-Komponente ein Drehratensignal abgeleitet wird.

20

- Bei Drehratensensoren mit einem Vibrationskreisel, die unter Durchführung der eingangs genannten Maßnahmen betrieben werden, geht nicht nur die von der Corioliskraft bewirkte Veränderung des Ausgangssignals in das Drehratensignal ein, sondern auch eine ungewollte Phasenverschiebung, die durch Laufzeiten der den mindestens einen Regelkreis bildenden Komponenten bedingt ist.

25

- Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, diese Einflüsse  
30 auf das Drehratensignal weitgehend zu verhindern.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei unbewegtem Vibrationskreisel der Inphase-Komponenten und der

Quadratur-Komponenten Korrekturwerte hinzugefügt werden, die solange verändert werden, bis die Inphase-Komponente und die Quadratur-Komponente jeweils ein Minimum aufweisen und dass diese Korrekturwerte in einem nichtflüchtigen Speicher abgelegt und beim Betrieb des Drehratensensors angewendet werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise innerhalb eines Endabgleichs im Rahmen der Herstellung des Drehratensensors durchgeführt. Der nichtflüchtige Speicher dient dabei noch weiteren Korrektur- und Initialisierungsgrößen und braucht daher nicht allein für das erfindungsgemäße Verfahren vorgesehen zu sein.

Die Erfindung lässt zahlreiche Ausführungsformen zu. Eine davon ist schematisch in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und nachfolgend beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1: ein Blockschaltbild eines Drehratensensors und

Fig. 2: eine detailliertere Darstellung eines sekundären Regelkreises im Drehratensensor.

Das Ausführungsbeispiel sowie Teile davon sind zwar als Blockschaltbilder dargestellt. Dieses bedeutet jedoch nicht, dass die erfindungsgemäße Anordnung auf eine Realisierung mit Hilfe von einzelnen den Blöcken entsprechenden Schaltungen beschränkt ist. Die erfindungsgemäße Anordnung ist vielmehr in besonders vorteilhafter Weise mit Hilfe von hochintegrierten Schaltungen realisierbar. Dabei können Mikroprozessoren eingesetzt werden, welche bei geeigneter Programmierung die in den Blockschaltbildern dargestellten Verarbeitungsschritte durchführen.

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Anordnung mit einem Vibrationskreis 1 mit zwei Eingängen 2, 3 für ein primäres Erregersignal PD und ein sekundäres Erregersignal SD. Die Erregung erfolgt durch geeignete Wandler, beispielsweise elektromagnetische. Der Vibrationskreis weist ferner zwei Ausgänge 4, 5 für ein primäres Ausgangssignal PO und ein sekundäres Ausgangssignal SO auf. Diese Signale geben die jeweilige Vibration an räumlich versetzten Stellen des Kreises wieder. Derartige Kreise sind beispielsweise aus EP 0 307 321 A1 bekannt und beruhen auf der Wirkung der Corioliskraft.

Der Vibrationskreis 1 stellt ein Filter hoher Güte dar, wobei die Strecke zwischen dem Eingang 2 und dem Ausgang 4 Teil eines primären Regelkreises 6 und die Strecke zwischen dem Eingang 3 und dem Ausgang 5 Teil eines sekundären Regelkreises 7 ist. Der primäre Regelkreis 6 dient zur Anregung von Schwingungen mit der Resonanzfrequenz des Vibrationskreises von beispielsweise 14 kHz. Die Anregung erfolgt dabei in einer Achse des Vibrationskreises, zu welcher die für den sekundären Regelkreis benutzte Schwingungsrichtung um 90° versetzt ist. Im sekundären Regelkreis 7 wird das Signal SO in zwei Quadratur-Komponenten aufgespalten, von denen eine über ein Filter 8 einem Ausgang 9 zugeleitet wird, von welchem ein der Drehrate proportionales Signal abnehmbar ist.

In beiden Regelkreisen 6, 7 erfolgt ein wesentlicher Teil der Signalverarbeitung digital. Die zur Signalverarbeitung erforderlichen Taktsignale werden in einem quartzesteuerten digitalen Frequenz-Synthesizer 10 erzeugt, dessen Taktfrequenz im dargestellten Beispiel 14,5 MHz beträgt. Von einer Erläuterung des primären Regelkreises wird abgesehen, da diese zum Verständnis des Ausführungsbeispiels nicht erforderlich ist.

Der sekundäre Regelkreis 7 ist in Fig. 2 als Blockschaltbild dargestellt und enthält einen Verstärker 25, ein Anti-Alias-Filter 26 und einen Analog/Digital-Wandler 27. Mit Hilfe von Multiplizierern 28, 29, denen das verstärkte und digitalisierte Signal SO mit den noch nicht getrennten Komponenten I und Q und Träger Ti1 und Tq1 zugeführt werden, erfolgt eine Aufspaltung in Realteil und Imaginärteil.

Beide Komponenten durchlaufen anschließend je ein  $(\sin x/x)$ -Filter 30, 31 und ein Tiefpassfilter 32, 33. Aus dem gefilterten Realteil werden mit Hilfe einer Aufbereitungsschaltung 34 zwei Signale R1 und R2 abgeleitet, welche die mit dem Drehratensensor zu messende Drehrate darstellen. Die Signale R1 und R2 unterscheiden sich dadurch, dass das Signal R2 nicht den gesamten durch die verwendete Schaltungstechnik möglichen Amplitudenbereich von beispielsweise 0V bis +5V einnimmt. Zur Ausgabe einer Fehlermeldung wird das Signal R2 auf Null gelegt, was das angeschlossene System als Fehlermeldung erkennt.

Den Tiefpassfiltern 32, 33 ist je ein Addierer 35, 36 nachgeschaltet. Anschließend erfolgt mit Hilfe von Multiplizierern 37, 38 eine Remodulation beider Komponenten Si bzw. Sq mit Trägern Ti2 und Tq2. Eine Addition bei 39 ergibt wieder eine 14-kHz-Schwingung, die in einem Ausgangstreiber 40 in einen zur Anregung des Vibrationskreises 1 geeigneten Strom umgewandelt wird.

Durch eine im Einzelnen nicht dargestellte Steuerung des Frequenz-Synthesizers 10 erfolgt die Modulation bei 28 mit einer Phasenlage i und die Demodulation bei 29 mit einer Phasenlage q. Damit wird bewirkt, dass bei 28 eine Inphase-Komponente I und bei 29 eine Quadratur-Komponente Q demoduliert werden.

Durch Streuungen der Laufzeiten in den verschiedenen beteiligten Schaltungen ergibt sich jedoch eine Verfälschung der Inphase-Komponente und der Quadratur-Komponente. Somit wird das Messergebnis, d.h. das Drehratensignal, verfälscht.

5

Um dies zu vermeiden, werden bei einem Abgleich über die Addierer 35, 36 in einer Einrichtung 41 erzeugte Korrekturgrößen  $k_1$  und  $k_2$  den gefilterten Komponenten hinzuaddiert, wobei die Korrekturwerte  $k_1$  und  $k_2$  derart gewählt sind, dass sie eine Phasendrehung des Erregersignals SD und damit auch des Ausgangssignals SO bewirken. Die Umschalter 42 befinden sich dann in der gezeichneten Stellung. Während des Abgleichs werden vorgegebene Wertebereiche der Korrekturwerte  $k_1$ ,  $k_2$  durchfahren. Gleichzeitig wird in einer Einrichtung 43 geprüft, ob die Inphase-Komponente und die Quadratur-Komponente jeweils Null sind bzw. ein Minimum einnehmen. Ist dies der Fall, werden die dann in der Einrichtung 41 erzeugten Korrekturwerte  $k_1$ ,  $k_2$  in einem EEPROM 44 abgelegt. Bei dem normalen Betrieb sind die Umschalter 42 in der rechten Stellung und die beim Abgleich ermittelten Korrekturwerte werden aus dem EEPROM 44 ausgelesen und den Addierern 35, 36 zugeführt.

10

15

20

## Patentanspruch

1. Verfahren zum Abgleich eines Drehratensensors mit einem Vibrationskreisel,
- 5       - der mit einem ersten Eingang und einem ersten Ausgang Teil eines primären Regelkreises ist, der den Vibrationskreisel durch Zuführung eines Erregersignals zum ersten Eingang mit seiner Eigenfrequenz erregt,
- 10       - wobei der Vibrationskreisel ferner mit einem zweiten Eingang und mit einem zweiten Ausgang Teil eines sekundären Regelkreises ist,
- wobei dem zweiten Ausgang ein Ausgangssignal entnehmbar ist, das nach Verstärkung und Analog/Digital-Wandlung in eine Inphase-Komponente und eine Quadratur-Komponente demoduliert wird,
- 15       - wobei die Komponenten nach Filterung wieder moduliert und zu einem Treibersignal zusammengesetzt werden, das dem zweiten Eingang zugeführt wird, und
- 20       - wobei aus der Inphase-Komponente ein Drehratensignal abgeleitet wird,
- dadurch gekennzeichnet,
- dass bei unbewegtem Vibrationskreisel der Inphase-Komponenten und der Quadratur-Komponenten Korrekturwerte hinzugefügt werden, die solange verändert werden, bis die Inphase-Komponente und die Quadratur-Komponente jeweils ein Minimum aufweisen und
- 25       - dass diese Korrekturwerte in einem nichtflüchtigen Speicher abgelegt und beim Betrieb des Drehratensensors angewendet werden.
- 30

1/2

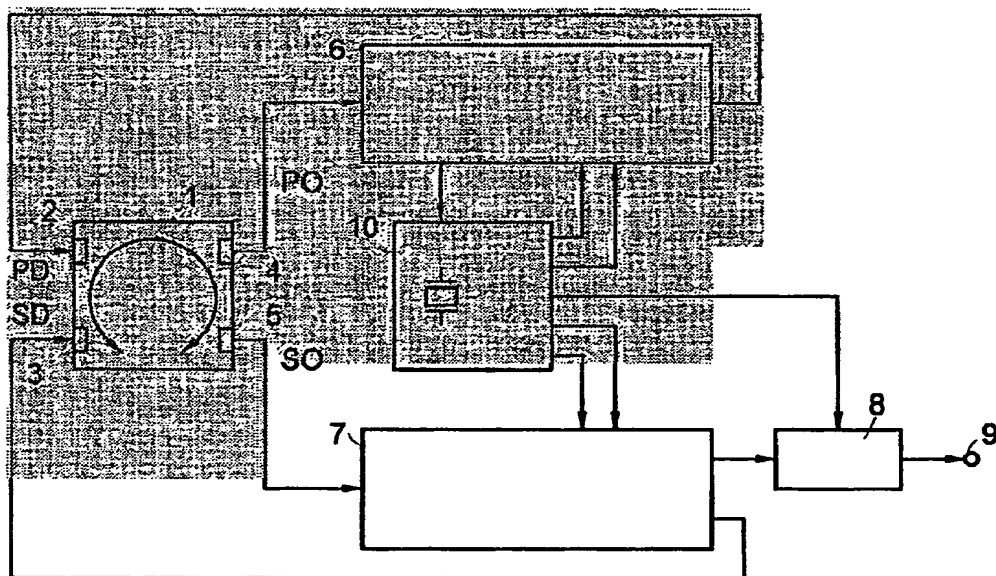
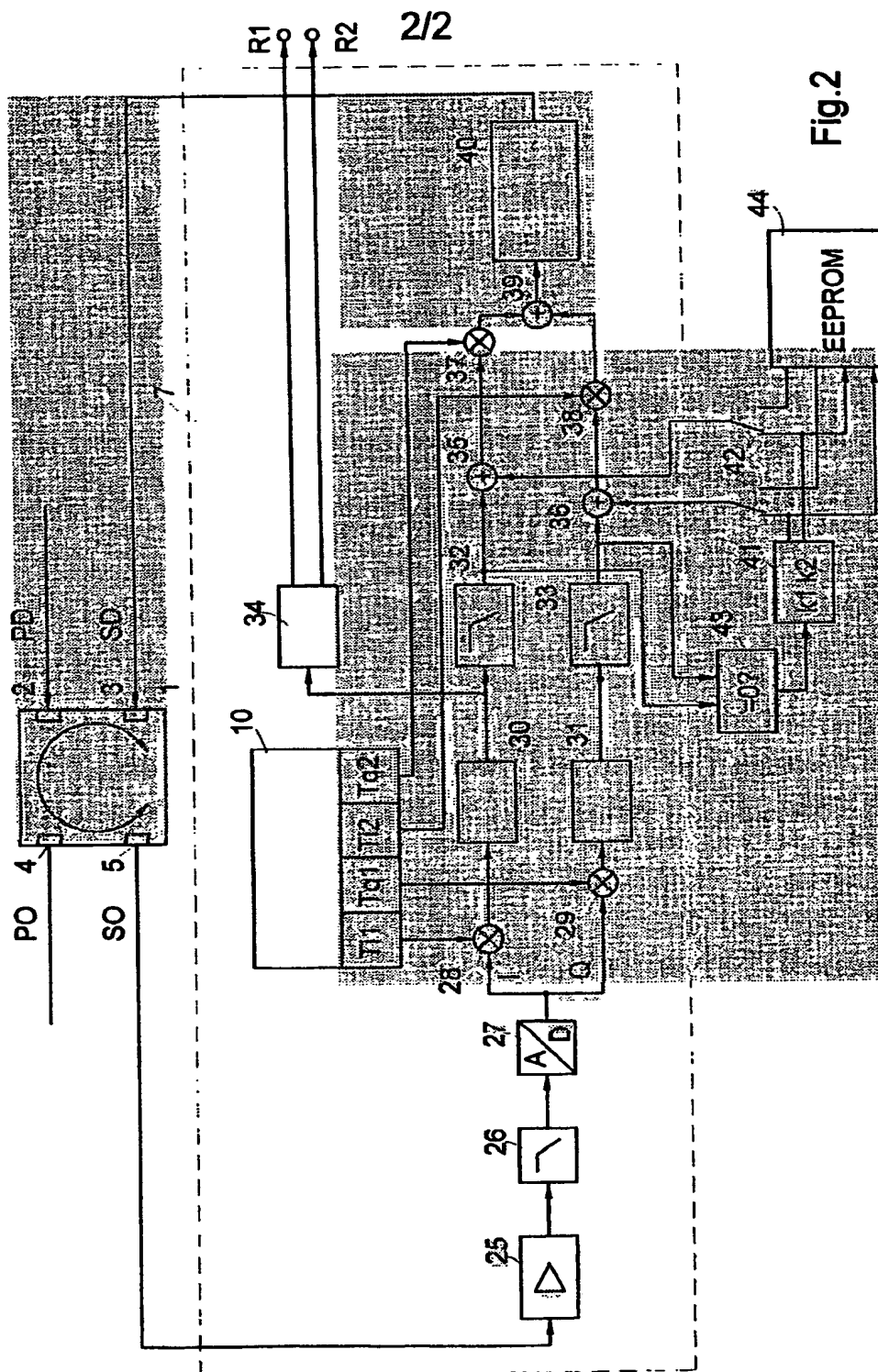


Fig.1





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/051005

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 601C19/56

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 601C 601P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 642 216 A (ROCKWELL INTERNATIONAL CORP) 8 March 1995 (1995-03-08) page 3, line 3 - page 9, column 58; figures 14,15A,15B -----	1
A	WO 96/04525 A (FERSHT SAMUEL H ; WYSE STANLEY F (US); LITTON SYSTEMS INC (US); STEWAR) 15 February 1996 (1996-02-15) page 1, line 19 - page 15, line 34; figures 1,8-10 -----	1
A	WO 03/014669 A (BOEING CO) 20 February 2003 (2003-02-20) page 2, line 25 - page 13, line 26; figures 1-3,5 -----	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 September 2004

Date of mailing of the international search report

14/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Springer, O

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/051005

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0642216	A	08-03-1995	US 5491725 A	13-02-1996
			DE 69426957 D1	03-05-2001
			DE 69426957 T2	25-10-2001
			EP 0642216 A1	08-03-1995
			JP 7170152 A	04-07-1995
WO 9604525	A	15-02-1996	AU 3715795 A	04-03-1996
			CA 2195667 A1	15-02-1996
			EP 0772762 A2	14-05-1997
			JP 3078331 B2	21-08-2000
			KR 203315 B1	15-06-1999
			WO 9604525 A2	15-02-1996
			US 5987986 A	23-11-1999
WO 03014669	A	20-02-2003	US 2003033850 A1	20-02-2003
			EP 1421331 A2	26-05-2004
			WO 03014669 A2	20-02-2003

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/051005

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G01C19/56

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01C G01P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 642 216 A (ROCKWELL INTERNATIONAL CORP) 8. März 1995 (1995-03-08) Seite 3, Zeile 3 - Seite 9, Spalte 58; Abbildungen 14,15A,15B	1
A	WO 96/04525 A (FERSHT SAMUEL H ; WYSE STANLEY F (US); LITTON SYSTEMS INC (US); STEWAR) 15. Februar 1996 (1996-02-15) Seite 1, Zeile 19 - Seite 15, Zeile 34; Abbildungen 1,8-10	1
A	WO 03/014669 A (BOEING CO) 20. Februar 2003 (2003-02-20) Seite 2, Zeile 25 - Seite 13, Zeile 26; Abbildungen 1-3,5	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. September 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

14/10/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3018

Bevollmächtigter Bediensteter

Springer, O

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/051005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0642216 A	08-03-1995	US 5491725 A	13-02-1996
		DE 69426957 D1	03-05-2001
		DE 69426957 T2	25-10-2001
		EP 0642216 A1	08-03-1995
		JP 7170152 A	04-07-1995
WO 9604525 A	15-02-1996	AU 3715795 A	04-03-1996
		CA 2195667 A1	15-02-1996
		EP 0772762 A2	14-05-1997
		JP 3078331 B2	21-08-2000
		KR 203315 B1	15-06-1999
		WO 9604525 A2	15-02-1996
		US 5987986 A	23-11-1999
WO 03014669 A	20-02-2003	US 2003033850 A1	20-02-2003
		EP 1421331 A2	26-05-2004
		WO 03014669 A2	20-02-2003